

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

**Hodnocení znečištění pracovní kapaliny**

**The Evaluation of Pollution in Working Liquid**

Student:

Tomáš Vaníček

Vedoucí bakalářské práce:

Dr. Ing. Lumír Hružík

Ostrava 2010

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Tomáš Vaníček**

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2302R007 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení

Téma:

Hodnocení znečištění pracovní kapaliny  
The Evaluation of Pollution in Working Liquid

Zásady pro vypracování:

1. Popište problematiku filtrace v olejové hydraulice (zdroje a negativní účinky nečistot, hodnocení čistoty kapalin, filtry).
2. Popište metodiku stanovení třídy znečištění oleje čítačem nečistot Laser CM20.2021.
3. Určete třídu znečištění dle NAS a ISO pomocí čítače nečistot Laser CM20.2021 popř. jiným způsobem.

Seznam doporučené odborné literatury:

PAVLOK, B. *Hydraulické prvky a systémy díl 2. Řídící prvky hydrostatických systémů. Příslušenství hydraulických obvodů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 150 s. ISBN 978-80-248-1827-6.  
WILL, D.; GEBHARDT, N. *Hydraulik Grundlagen, Komponenten, Schaltungen*. 4. vyd. Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 2008. 450 s. ISBN 978-3-540-79534-6.  
MANNESMANN REXROTH. *Projektování a konstrukce hydraulických zařízení. Příručka hydrauliky Svazek 3*. 1988. 362 s. ISBN 3-8023-02664.  
PARKER HANNIFIN. *Manuál k obsluze čítače nečistot Laser CM20. 2021*.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Dr.Ing. Lumír Hružík**

Konzultant bakalářské práce: Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



*Kozubková*

doc. RNDr. Milada Kozubková, CSc.  
vedoucí katedry

*Farana*

prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), v znění pozdějších předpisů. Bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě.....

.....  
Tomáš Vaníček

Nemocniční 1186  
783 91, Uničov

Tímto bych chtěl poděkovat panu Dr. Hružíkovi za velmi ochotnou pomoc a cenné rady při psaní mé bakalářské práce.

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VANÍČEK, T. Hodnocení znečištění pracovní kapaliny. Ostrava: katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2010, 42 s. Bakalářská práce, vedoucí: Dr. Ing. Hružík, L.

Tato bakalářská práce se zabývá hodnocením znečištění pracovní kapaliny. Úkolem této bakalářské práce je vyhodnotit třídu znečištění pracovní kapaliny dle norem NAS 1638 a ISO 4406. Toho se docílí pomocí laserového čítače nečistot CM20.2021. Došlo také k analýze vzorků oleje přenosným filtračním zařízením. Dále byla detailně popsána problematika filtrace v olejové hydraulice.

## ANNOTATION OF THESIS

VANÍČEK, T. The Evaluation of Pollution in Working Liquid. Ostrava: Department of Hydromechanics and Hydraulic Equipment, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2010, 42 p. Thesis, head: Dr. Ing. Hružík, L.

This thesis deals with the evaluation of pollution of the working fluid. The goal of this work is to evaluate the grade of pollution of the working fluid according to the standards NAS 1638 and ISO 4406. This is achieved by using a laser counter CM20.2021 impurities. There was also to analyze samples of oil portable filtration equipment. Was also described in detail the issue of filtering in the hydraulic oil.

## **Obsah bakalářské práce**

<b>SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ.....</b>	<b>1</b>
<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>2</b>
<b>2. NEČISTOTY V HYDRAULICKÝCH SYSTÉMECH .....</b>	<b>3</b>
2.1 Zdroje nečistot v hydraulickém systému .....	3
2.2 Negativní účinky nečistot .....	3
2.3 Poměry pevných částic u řídících šoupátek regulačních ventilů a hydrogenerátorů ..	4
<b>3. DRUH ZNEČIŠTĚNÍ.....</b>	<b>6</b>
<b>4. VYHODNOCOVÁNÍ ZNEČIŠTĚNÍ PRACOVNÍCH KAPALIN.....</b>	<b>7</b>
4.1 Hodnocení čistoty kapaliny dle ISO 4406 a NAS 1638 .....	7
<b>5. FILTRY A FILTRACE.....</b>	<b>10</b>
5.1 Zjištění vhodné typové řady filtrů .....	12
5.2 Druhy filtrů .....	13
5.3 Ukazatel znečištění filtru .....	15
5.4 Umístění filtru v hydraulickém obvodu.....	17
<b>6. POSTUP PRO ODBĚR VZORKŮ .....</b>	<b>19</b>
<b>7. STANOVENÍ TŘÍDY ZNEČIŠTĚNÍ PŘÍSTROJEM LASER CM20.2021.....</b>	<b>21</b>
7.1 Specifikace Laser CM20.2021 .....	22
7.2 Popis přístroje .....	25
7.3 Postup při odebírání vzorků.....	27
7.4 Postup měření .....	27
<b>8. URČENÍ TŘÍDY ZNEČIŠTĚNÍ OLEJE PŘÍSTROJEM LASER CM20.2021.....</b>	<b>29</b>
<b>9. URČENÍ TŘÍDY ZNEČIŠTĚNÍ OLEJE GRAVIMETRICKOU METODOU .....</b>	<b>31</b>
<b>10. URČENÍ TŘÍDY ZNEČIŠTĚNÍ OLEJE PŘÍSTROJEM PIC 9100.....</b>	<b>36</b>
<b>11. ZÁVĚR .....</b>	<b>39</b>
<b>12. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>41</b>

## Seznam použitého značení

[illegible]



## 1. Úvod

V hydraulických kapalinách je vždy přítomno znečištění pevnými částicemi. Nečistoty v hydraulických obvodech bývají častou příčinou různých závad nebo poruch těchto obvodů. Způsobují hlavně prostoje těchto obvodů. Musíme počítat se ztrátami způsobenými náklady na opravu nebo výměnu hydraulických prvků, nákup, skladování a manipulaci s hydraulickými prvky. Dále to mohou být náklady na diagnostiku závady stroje, opětovný náběh stroje po výpadku, přesčasy pro splnění termínů sjednaných dodávek finální produkce a například časté výměny kapalinových náplní.

Z výčtu negativních vlivů nefiltrované nebo špatně filtrované hydraulické kapaliny vyplývají výhody použití vhodné filtrace pro daný hydraulický obvod. Mezi tyto výhody patří především zvýšení životnosti prvků použitých v hydraulických obvodech, zvýšení spolehlivosti nebo činnosti daného stroje. Dále to může být snížení rizika neočekávaných poruch a podstatné snížení nákladů na opravy. Při návrzích filtrace hydraulických kapalin se vychází mimo jiné z tzv. kritických vlivů u jednotlivých druhů hydraulických prvků, citlivosti prvků vůči opotřebení a možných zdrojů nečistot.

Nečistoty se do pracovních kapalin dostávají buď vnitřními či vnějšími vlivy z okolí. Vnitřní nečistoty vznikají v hydraulickém obvodu v důsledku mechanického opotřebení, kdy dochází k vzájemnému otěru kovových ploch. Tyto vnitřní nečistoty se dále dělí na měkké a tvrdé. U měkkých nečistot dochází k zanášení mezer funkčních ploch hydraulických prvků. Oproti tvrdým nečistotám nezanechávají velké škody. Tvrdé nečistoty způsobují ve většině případů trvalé či nevratné poškození prvků hydraulických obvodů. V nejlepších případech to končí pouze výměnou hydraulického prvku, avšak může dojít až k úplné destrukci hydraulického zařízení. Vnější nečistoty vnikají do soustavy například přes těsnění některých prvků nebo plnicím a odvzdušňovacím otvorem. Mezi tyto nečistoty patří především brusné částičky, písek z odlitků, třísky z obrábění, nebo ostřepry kovů a pryžových dílů.

## **2. Nečistoty v hydraulických systémech**

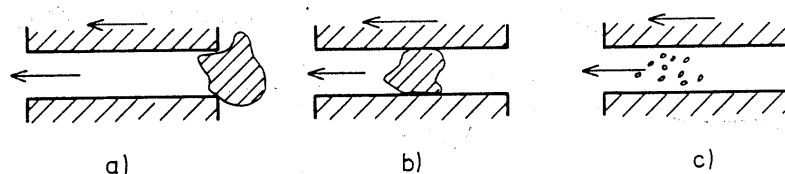
### **2.1 Zdroje nečistot v hydraulickém systému**

Na poruchovost hydraulických zařízení mají největší vliv nečistoty, které se nacházejí v pracovní kapalině. Je uvedeno, že až 70 % závad hydraulických zařízení způsobují právě nečistoty v pracovních kapalinách. Z tohoto důvodu bychom měli při provozu hydraulických zařízení především dbát na zajištění požadované čistoty kapaliny. Rozlišujeme měkké a tvrdé nečistoty v kapalině. Znečištění oleje nám způsobuje rovněž voda. Nečistoty v hydraulickém mechanismu nám především vznikají při jeho provozu. Jedná se hlavně o kovový otěr z pohybujících se částí hydraulických prvků. Měkké prvky nám vznikají stárnutím pracovní kapaliny. Rovněž se nám mohou nečistoty dostat do hydraulického obvodu z vnějšího prostředí. Tomu lze zabránit například, když nádrž vybavíme víkem se vzduchovým filtrem. Nečistoty se také mohou do obvodu dostat při různých opravách a montážích. Dále se nám mohou vyskytnout v zakoupeném sudu s olejem.

### **2.2 Negativní účinky nečistot**

Nečistoty v hydraulickém obvodu způsobují například stárnutí kapaliny, abrazi funkčních ploch kluzných dvojic, zanášení úzkých mezer v prvcích a tím poruchy funkce prvků. V neposlední řadě nám nečistoty způsobují erozi ostrých funkčních hran šoupátek, sedel ventilů a dalších funkčních součástí.

Pro poškození hydraulického obvodu jsou nejvíce nebezpečné tvrdé nečistoty. Jde převážně o kovový otěr mezi pohybujícími se částmi hydraulických obvodů. Na opotřebení funkční plochy má významný vliv relativní velikost částice vzhledem k velikosti mezer funkčních ploch.



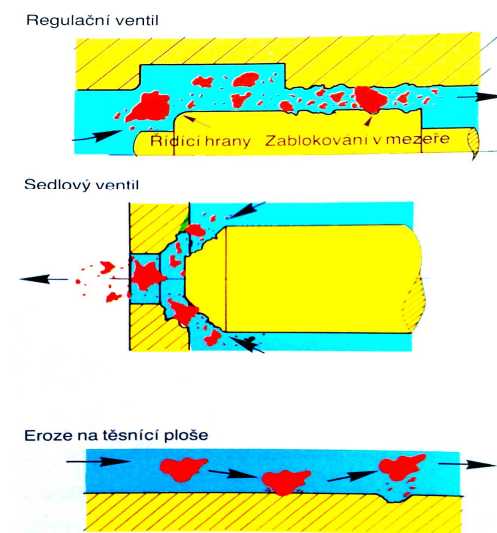
Obr. 2.1 - Vliv relativní velikosti částic [10]

Na obrázku je vidět neprůchodná velikost částice (situace a). Jako kritická se označuje ta velikost částic, při které je průměr částice shodný s velikostí kritické vůle mezi pohybujícími se částmi hydraulického prvku (situace b). Dochází k abrazivnímu působení částic. Vzniká nejvíce otěru a nečistot. Mají-li částice mnohem menší průměr než je kritický (situace c), jedná se o erozivní opotřebení, které se projevuje zvláště v místech s vysokou rychlostí proudění kapaliny. Měkká znečištění způsobují nepřesný chod ventilů a dalších částí systému. Nejnebezpečnější jsou hrubé nečistoty (eroze, abraze, zanášení mezer a s tím spojené náhlé poruchy). Jemné nečistoty jsou rovněž nebezpečné (eroze, stárnutí kapaliny). Za hrubé nečistoty se považují částice větší jak  $20\text{ }\mu\text{m}$ , za jemné částice velikosti (5 až  $15\text{ }\mu\text{m}$ ).

[10]

### 2.3 Poměry pevných částic u řídicích šoupátek regulačních ventilů a hydrogenerátorů

Pokud jsou pevné částice menší než vkladací vůle, tak tyto částice při svém pohybu nezpůsobují poškození ploch vytvářející mezeru. Při nepatrném pohybu však může docházet k zanášení mezery. Toto zanášení může narušovat funkci regulačního ventilu. Jestliže jsou pevné částice větší jak vkladací vůle, tak zůstávají na počátku, před mezerou a nezpůsobují žádné porušení. Může však vzniknout nebezpečí, že vlivem vysokého tlaku nebo proudění se částice rozdělí na dvě části a poté je umožněn vstup do mezery. Největší nebezpečí může vzniknout, když částice pevných látek jsou stejně rozměrné jako je velikost vůle. Dochází ke vzniku rýh a opotřebení. Tím dochází k sekundárnímu vzniku dalších částic, které se uvolňují z povrchu. Tento proces je pak řetězová reakce, při níž vedle opotřebení dojde až k poruše funkce. Důsledkem obtékání řídicích hran kapalinou dojde k jejich opotřebení „vymýváním“. Intenzita tohoto druhu opotřebení se může zvyšovat, jestliže jsou v kapalném médiu přítomny pevné částice.



Obr. 2.2 - Opotřebení povrchu v důsledku pevných částic v médiu [6]

### Poměry ve vedení a u ložisek

Plochy u ložisek z některých materiálů nebo vedení, které mají póry, mohou být poškozovány vtlačáním nečistot do těchto pórů. Tyto pevné částice způsobují vydírání druhé pohybující se plochy. Touto plochou se rozumí různé hřídele či kuželky. Nečistoty nám zablokují průchodnost mazacích kanálků, což může vést nejen k narušení mazání, ale i chladicího efektu.

### Poměry na clonách a při škrcení

Částice se často usazují v zúžených průtočných průřezích. Tímto nekontrolovatelným zanesením se změní průtokové poměry. Například není dodržen konstantní průtok.

### Poměry u sedlových ventilů

V těsnící ploše mohou být sevřeny pevné částice. Sevření je mezi povrchem kuželky a povrchem sedla vytvořeném v tělese ventilu. To vede k netěsnostem.

### Poměry z hlediska erozivního opotřebení

Při průtoku vzniká na šterbinách a mezerách vždy rozdíl tlaku. Síly, které souvisí s tímto rozdílem tlaku, způsobují pohyb částic mezerou. Tyto pohybující částice mají kinetickou energii. Tato energie se projeví při dopadu částice na plochu. Tento náraz způsobuje opotřebení erozí nejen na plochách prvků, ale i na těsnění. Při procesech eroze vždy vzniknou nové pevné částice, které jsou novým sekundárním znečištěním kapalného média.

### 3. Druh znečištění

#### Přítomnost látek rozpustných v kapalině

Látky rozpustné v kapalině by neměly způsobovat opotřebení hydraulických prvků. Mohou ale vést k rychlejšímu stárnutí média, ke změně mazacích schopností, ke vzniku sazí a zhoršení životnosti filtru. Normálními typy filtrů nemohou být rozpustné látky separovány. U takového případu by se měl celý obsah vyměnit a systém propláchnout.

#### Přítomnost pevných a rosolovitých částic

Pevné a rosolovité částice zanáší mezeru vytvořenou vkládací vřítí a tím znemožňují funkci hydraulického prvku. Dále mohou zanášet mazací kanálky a tím vylučují mazání. Částice odstraňujeme většinou pomocí speciálních filtrů. Musí se však počítat s tím, že se filtrační vložka zanesou, což může vést k rychlému snížení průtoku.

#### Přítomnost tvrdých částic s ostrými hranami

Tvrdé částice s ostrými hranami způsobují hlubší rýhy na plochách než částice kulového tvaru či měkké částice. Tyto částice musí být postupně zachycovány filtrem. Při výběru filtru a jeho filtrační schopnosti bychom měli být velmi pečliví.

<b>Materiál</b>	<b>Účinek</b>
Keramické minerální materiály, kysličník železa	Velmi silné poškození
ocel železo mosaz bronz hliník	Silné poškození
textilní vlákna vlákna umělá otěr z těsnění pryžové částice z hadic částice z laků a barev částice vzniklé oxidací média	Slabé poškození

Tab. 3.1- Účinek pevných částic na plochách štěrbin [6]

## **4. Vyhodnocování znečištění pracovních kapalin**

Znečištěná pracovní kapalina způsobuje většinu poruch v hydraulických systémech. Vlivem nečistot v pracovních kapalinách může dojít ke stárnutí oleje a tím ke zkrácení jeho životnosti nebo zvýšení opotřebení součástí vlivem abrazivních či erozivních účinků. Dále dochází k ucpání malých otvorů a štěrbin v řídících prvcích a tím ke ztrátě jejich funkčnosti. Na tyto procesy má velký vliv velikost částic nečistot, jejich počet a chemicko-mechanické vlastnosti. Těmito vlastnostmi se rozumí velikost, tvar a chemické složení částice.

Důsledkem těchto jevů jsou náklady na výměnu vadných prvků a součástí, ztráty ve výrobě v důsledku prostojů, častá výměna kapaliny, drahé odstranění následků. Proto je zapotřebí průběžně sledovat čistotu pracovní kapaliny. Na vyhodnocování čistoty kapaliny slouží různé druhy přístrojů.

Nejčastěji se v současné době používají laserové čítače nečistot. Tyhle čítače nečistot umožňují zařazení do třídy čistoty dle NAS 1638 a ISO 4406. Obsah nečistot v pracovní kapalině se může také jednoduše stanovit podle olejové laboratoře, kdy pomocí vývěvy definovaný objem kapaliny proteče přes membránový ultrafiltr. V dalším kroku se sleduje membránový ultrafiltr pod ručním mikroskopem. Třída znečištění oleje se stanoví, když se porovná velikost a množství zachycených nečistot filtrem s etalony. Tahle metoda je velmi jednoduchá pro stanovení třídy znečištění oleje.

### **4.1 Hodnocení čistoty kapaliny dle ISO 4406 a NAS 1638**

Podle výsledků měření, které vyhodnotí výstupní protokol ze snímače částic, se zařadí kapalina do příslušné třídy čistoty dle NAS 1638 nebo ISO 4406.

NAS	počet částic ve 100 ml					
třída	2-5 $\mu m$	5-15 $\mu m$	15-25 $\mu m$	25-50 $\mu m$	50-100 $\mu m$	>100 $\mu m$
00	625	125	22	4	1	-
0	1250	250	44	8	2	-
1	2500	500	88	16	3	1
2	500	1000	178	32	6	1
3	10000	2000	356	63	11	2
4	20000	4000	712	126	22	4
5	40000	8000	1425	253	45	8
6	80000	16000	2850	506	90	16
7	160000	32000	5700	1012	180	32
8	320000	64000	11400	2025	360	64
9	640000	128000	22800	4050	720	128
10	1 280000	256000	45600	8100	1440	256
11	2 560000	512000	91200	16200	2880	512
12	5 120000	1024000	182400	32400	5760	1024
13	-	2048000	364800	64800	11520	2048
14	-	4096000	729000	129600	23040	4096

Tab. 4.1 - Třída čistoty dle NAS 1638 [7]

ISO 4406					
Počet částic v 1 ml		Kódové číslo	Počet částic v 1 ml		Kódové číslo
víc než	max		víc než	max	
80 000	160 000	24	20	40	12
40 000	80 000	23	10	20	11
20 000	40 000	22	5	10	10
10 000	20 000	21	2,50	5	9
5 000	10 000	20	1,30	2,50	8
2 500	5 000	19	0,64	1,30	7
1 300	2 500	18	0,32	0,64	6
640	1 300	17	0,16	0,32	5
320	640	16	0,08	0,16	4
160	320	15	0,04	0,08	3
80	160	14	0,02	0,04	2
40	80	13			

Tab. 4.2 - Přiřazení kódových čísel dle normy ISO 4406 [3]

Jakmile je stanovena třída znečištění dle ISO 4406, porovnávají se tyto hodnoty s hodnotami doporučenými.

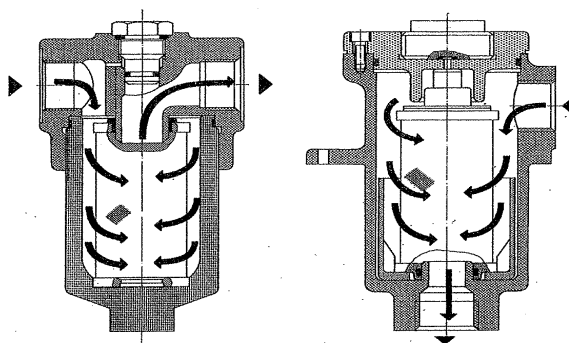
<b>Hydraulické prvky</b>	<b>Požadovaná</b>	<b>Doporučená</b>
	<b>třída filtrace</b>	<b>absolutní filtrace</b>
<b>Čerpadla</b>		
Axiální pístová čerpadla	21 / 18 / 15	10
Radiální pístová čerpadla	21 / 18 / 15	10
Zubová čerpadla	21 / 18 / 15	10
Lamelová čerpadla	20 / 17 / 14	10
<b>Motory</b>		
Axiální pístové motory	21 / 18 / 15	10
Radiální pístové motory	21 / 18 / 15	10
Zubové motory	21 / 18 / 15	10
Lamelové motory	20 / 17 / 14	10
<b>Ventily</b>		
Rozváděče (el. ovládané ventily)	21 / 18 / 15	10
Tlakové ventily (nastavitelné)	21 / 18 / 15	10
Škrticí ventily	21 / 18 / 15	10
Zpětné ventily	21 / 18 / 15	10
Proporcionální ventily	20 / 17 / 14	10
Servoventily	17 / 14 / 11	5
Hydraulické válce	21 / 18 / 15	5

Tab. 4.3 - Doporučená třída čistoty pracovní kapaliny [3]



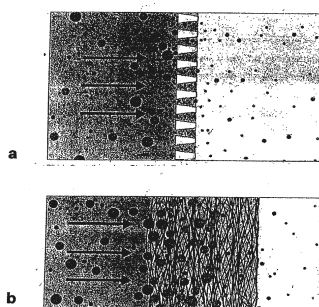
## 5. Filtry a filtrace

Optimální čistotu pracovní kapaliny by měly zajistit filtry. Měly by především zajistit optimální funkci hydraulického systému, vysokou životnost a také spolehlivost jednotlivých prvků při přijatelných nákladech na filtraci. Existují různé druhy filtrů a každý z nich plní svoji požadovanou funkci. Filtry se rozlišují na tlakové, sací, nízkotlaké a vzduchové. Na obrazech jsou uvedené příklady tlakového a nízkotlakého filtru.



Obr. 5.1- Tlakový a nízkotlaký filtr [4]

Velmi důležitým prvkem filtrů jsou jejich filtrační vložky. Tyto vložky jsou vyrobeny z různých filtračních materiálů. Těmito materiály mohou být papírová vlákna impregnovaná fenolovou pryskyřicí, kovová vlákna, slinuté kovové kuličky, keramická vlákna, skelná vlákna zpevněná pojivem a spoustu dalších. Filtrační vložky se rozlišují na vložky s povrchovým filtračním účinkem nebo s hloubkovým filtračním účinkem.



Obr. 5.2 - Filtrační vložky s povrchovým filtračním účinkem (a)  
a s hloubkovým filtračním účinkem [4]

Povrchové filtrační materiály zachycují nečistoty na ploše malé tloušťky. Zajišťují filtraci větších nečistot, jsou nevýhodné pro filtraci pod 25  $\mu\text{m}$ . Hloubkové filtrační

materiály zachycují nečistoty v celé hloubce a vyrábějí se pro jemnost filtrace od (20 do 1)  $\mu\text{m}$ . Čím je jemnější filtrace, tím vyšší je odpor proti pohybu kapaliny filtrem a tlaková ztráta. Pokud není správně zvolena velikost filtru, může dojít k rychlému zanesení filtrační vložky nebo i k jejímu protržení. Tlaková ztráta se zvyšuje s viskozitou kapaliny. Z důvodu, že se jmenovitý průtok filtru udává pro viskozitu kapaliny  $40 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , je nutno volit jmenovitou velikost filtru  $Q_N$  jako násobek skutečného průtoku filtrem  $Q_F$ :

$$Q_N = Q_F \cdot f_1 \cdot f_2$$

Součinitel  $f_1$  je závislý na viskozitě kapaliny. Pro rozmezí viskozity (30 až 1000)  $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  se pohybuje v rozsahu  $f_1 = 1$  až 20. Součinitel  $f_2$  je závislý na znečištění prostředí a pravidelnosti kontrol filtru. Pohybuje se v rozmezí  $f_2 = 1$  až 2,3.

[4]

Filtry jsou určeny především pro zajištění čistoty hydraulické kapaliny. Slouží pro zachycování nečistot průchodem pracovní kapaliny přes porézní materiál. V důsledku rozdílné velikosti pórů není rozměr filtrem zachycených částic přesně ohraničen, a tak různé částice jsou zachycovány pouze z určité části. Pro posouzení úrovně filtrace jsou používány dva základní pojmy.

První z nich se nazývá filtrační účinnost, která se značí  $\eta_x$ . Druhým důležitým pojmem je srovnávací hodnota  $\beta_x$ , která je měřítkem jemnosti filtrace. Velikost částice označujeme x.

Pro tyto dva základní pojmy platí následující vztahy:

$$\beta_x = \frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{1 - \eta_x}$$

$$\eta_x = \frac{N_1 - N_2}{N_1} = 1 - \frac{1}{\beta_x}$$

[3]

$N_1$  - počet částic větších než daný rozměr x v 1 ml kapaliny před filtrem

$N_2$  - počet částic větších než daný rozměr x v 1 ml kapaliny za filtrem

Dle ČSN 11 9453 je jako absolutní filtrační schopnost udávána účinnost  $\eta_x = 0,987$ .

Podle normy ČSN 11 9453 je jako jmenovitá filtrační schopnost udávána účinnost

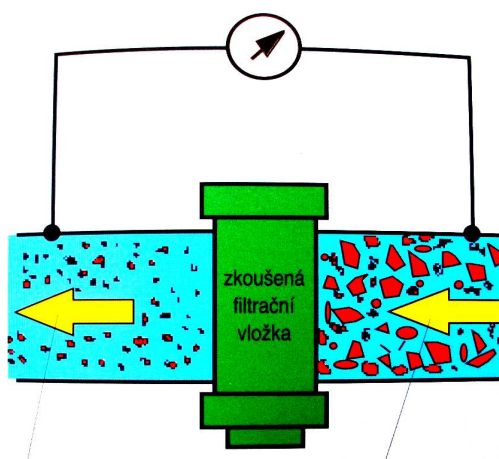
$\eta_x = 0,95$ .

## Srovnávací hodnota $\beta_x$

Srovnávací hodnota se zjistí pomocí tzv. Multi-pass-testu. U tohoto testu se měří tlak před a za filtrační vložkou. Nečistoty, které filtrační vložka zachytí, zůstávají v hydraulickém systému. Srovnávací hodnota  $\beta_x$  je vztažena na částice o velikosti  $x$  a větších. Při změně rozdílu tlaku před a za filtrační vložkou se také změní hodnota  $\beta_x$ .

## Určení srovnávací hodnoty $\beta_x$

Před filtrační vložkou je počet částic velikosti  $x$  větší než za vložkou. Jestliže vezmeme poměr počtu částic za filtrem a před filtrem při stejné diferenci tlaku a ve stejném okamžiku, získáme tak srovnávací hodnotu  $\beta_x$  pro velikost částic  $x$ . Různí výrobci mají svá vlastní hodnocení jemnosti filtrace. Pomocí srovnávací hodnoty  $\beta_x$  můžeme srovnávat různé filtrační vložky.



Obr. 5.3 - Určení srovnávací hodnoty  $\beta_x$  před a za filtrem [6]

## 5.1 Zjištění vhodné typové řady filtrů

V dnešní době neexistuje žádný závazný postup výběru typové řady filtrů pro různé typy hydraulických systémů. Volba vysokotlakého, zpětného nebo sacího filtru anebo jejich kombinací je především závislá na těchto faktorech:

- druhu a požadavku na typ čerpadel, motorů a ventilů a z toho případně vyplývajících předpisů ze strany výrobce
- prioritě ochrany funkčnosti systému nebo ochrany před opotřebením
- citlivosti hydraulických prvků vůči opotřebením užitých nebo plánovaných v systému

- druhu a umístění prvků produkujících znečištění, případně místa průniku venkovních nečistot

Z tohoto důvodu musíme dbát na uvedená doporučení pro volbu vhodné typové řady. V podstatě volíme mezi ochrannými filtry k funkční ochraně prvků a pracovními filtry pro dosažení určitého stupně čistoty tlakové kapaliny.

## 5.2 Druhy filtrů

### a) Sací koše a sací filtry

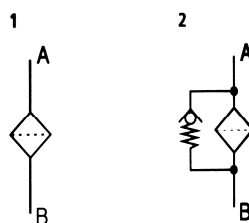
Nejvíce jsou používány hrubé sací filtry. Mezi tyto filtry řadíme například síťové filtry, které se používají pouze pro ochranu hydrogenerátoru. Nezbytná ochrana hydraulických prvků před nečistotami musí být zajištěna dále v obvodu jemnějším filtrem.

Do sacích filtrů můžeme použít i vložky s nominální čistící schopností. Tyto vložky jsou nejčastěji používány u mobilní hydrauliky. Při návrhu sacích filtrů bychom se měli řídit určitými druhy kritérií. Nejdříve bychom měli provést vhodnou volbu filtračního elementu a nádoby.

Důležitá je také co nejmenší délka a vhodné tvarování sacího potrubí.

Mezi další důležitá kritéria při navrhování sacích filtrů patří:

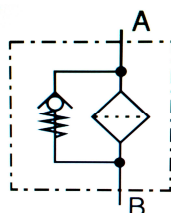
- umístění nádrže výše než sací hrdlo hydrogenerátoru
- možnost sledování tlakového spádu na filtrační vložce
- zajistit, aby provozní teplota byla dosažena co nejdříve
- použití hydraulické kapaliny s nízkou viskozitou a vyšším viskozním indexem
- použití hydrogenerátoru s menší citlivostí na kavitaci
- dobrá přístupnost a jednoduchá výměna filtrační vložky při údržbě



Obr. 5.4 - Schematické značení sacího filtru [3]

### b) Tlakové a vysokotlaké filtry

Pomáhají především chránit hydraulické prvky a části obvodu za filtrem. Jsou vhodné především pro prvky, které mají velkou citlivost na nečistoty. Mezi tyto prvky patří proporcionální ventily a servoventily. Dále jsou určeny pro drahá zařízení, jakými jsou velké hydromotory a nebo pro zařízení, kde je kladen velký důraz na spolehlivost. Bývají umístěny co nejbližší k chráněným prvkům. Vysokotlaké filtry jsou osazeny tlakovými snímači, které signalizují zanesení vložek. Musí být dimenzovány na nejvyšší průtok a tlak v systému. Tlaková odolnost vložek musí vyhovovat častým změnám tlaku a tlakovým špičkám. U kritických případů nemají vysokotlaké filtry obtokový ventil a musí být vybavené vysokopevnostními vložkami.

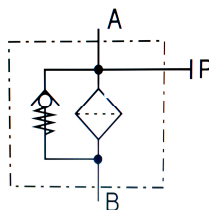


Obr. 5.5 - Schematické značení tlak. a vysokotl. filtrů [3]

### c) Zpětné filtry

Zpětné filtry mají za úkol čistit kapalinu, která se vrací z hydraulického obvodu zpět do nádrže, nebo její příslušnou část, pokud je v daném zařízení více zpětných vedení. Filtr musí mít malý odpor, aby tlak, který je před filtrem neporušil správnou funkci hydraulického obvodu. Filtr je v činnosti pouze při chodu stroje. Při volbě velikosti filtru musíme vzít v úvahu maximální možný průtok, který odpovídá poměru ploch pístu a pístnice přímočarého hydromotoru, a který je větší než průtok samotného hydrogenerátoru.

K zamezení možnosti zpěnění obsahu nádrže musíme dbát na to, aby výstup zpětného filtru byl vždy pod hladinou kapaliny v nádrži. Vzdálenost výstupu filtru ode dna nádrže by měla být větší než 2-3 násobek průměru výstupu z filtru. Tímto zamezíme víření nečistot ze dna nádrže.



Obr. 5.6 - Schematické značení zpětného filtru [3]

### 5.3 Ukazatel znečištění filtru

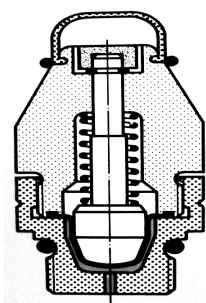
Abychom mohli zjistit stav filtrační vložky, měly by být hydraulické filtry vybaveny ukazatelem znečištění. Tělesa ukazatele znečištění filtru by měla být dimenzována na maximální pracovní tlak, s nímž může pracovat filtr. Z tohoto důvodu musí být těleso rovněž dynamicky zatěžováno. Hodnota, která je nastavena na ukazateli musí být reprodukovatelná.

Dle konstrukčního řešení a charakteristik se rozlišují následující druhy ukazatelů:

#### a) z hlediska tlaku

##### Ukazatel absolutní hodnoty tlaku

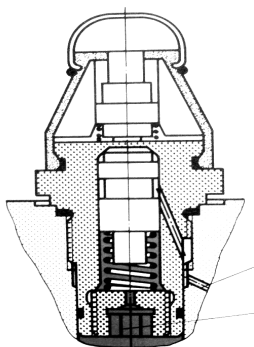
Pomocí tohoto ukazatele měříme absolutní přetlak v tělese filtru. Tento ukazatel je použitelný pouze pro filtry zabudované ve zpětné větvi. To znamená, že za filtrem je atmosférický tlak.



Obr. 5.7- Optický ukazatel znečištění u nízkotlakých filtrů [6]

##### Ukazatel rozdílu tlaku

Tento ukazatel udává rozdíl tlaku před filtrem (znečištěná strana) a za filtrem (vyčištěná strana). V tomto případě zanedbáváme atmosférický tlak. Těleso ukazatele by mělo být dimenzováno na tlak maximálního tlaku tělesa filtru. Nejčastěji se tento ukazatel rozdílu tlaku používá pro tlakové filtry, které jsou zabudované v tlakové větvi.

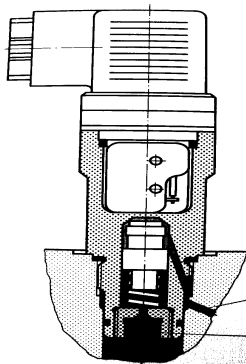


Obr. 5.8- Optický ukazatel pracující s rozdílem tlaku [6]

## b) z hlediska signálu

### Ukazatel elektrický

Tento ukazatel vydává elektrický signál, který většinou plní i více funkcí. Dává jednak údaje o stavu znečištění na ukazateli nebo nám může přímo blokovat chod zařízení, pokud dochází k překročení filtrační vložky. Hodnotu tlaku si můžeme nastavit.



Obr. 5.9- Elektrický ukazatel znečištění [6]

### Ukazatel optický

Může se jednat o klasický manometr nebo o ukazatel s výsuvnou tyčinkou. Červený bod na tyčince nebo na stupnici uvádí maximální hodnotu, která je přípustná.

### Ukazatel elektronický

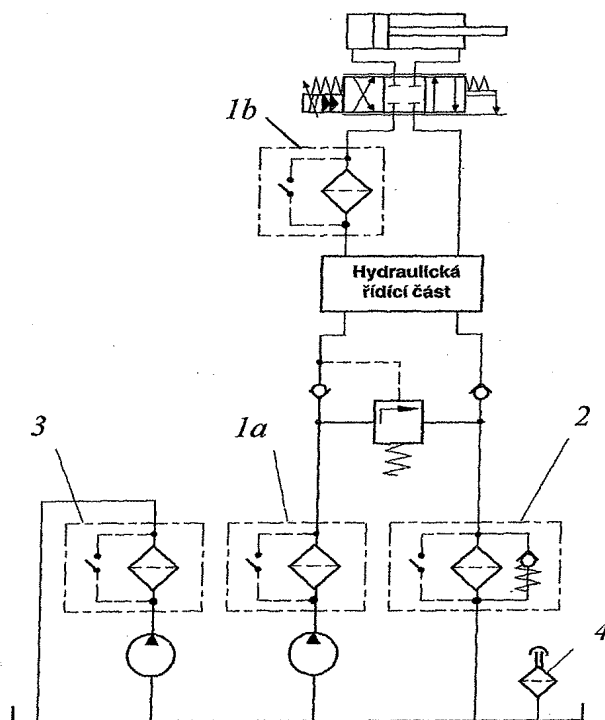
Elektronické ukazatele znečištění filtru se obvykle používají pro zvláštní případy použití. Mohou mít integrované další funkce. Jedna z těchto funkcí umožňuje, že jsou ve funkci až při vyšších teplotách než  $32^{\circ}\text{C}$ . Případně nereagují na tlakové pulzace vzniklé od dynamického režimu zařízení. Například mohou vyhodnocovat tlakové difference, které trvají déle než 9 sec. Dávají nám impuls k okamžitému zastavení stroje a tím chrání proti zničení vložky.

### Ukazatel opticko – elektrický

Tento typ ukazatele je vybaven elektrickým snímačem polohy mechanického členu, který informuje o stavu znečištění opticky. Může například přenášet informace až do ovládací kabiny.

## 5.4 Umístění filtru v hydraulickém obvodu

Filtry se umísťují v otevřených hydraulických obvodech do míst vyznačených na obrázku.



Obr. 5.10 - Umístění filtrů v obvodu [4]

Nejčastěji se filtr umísťuje do zpětného vedení těsně před výstupem kapaliny do nádrže (2). Nevýhodou je, že filtrace je přerušována v závislosti na práci systému, a že je nutno dimenzovat filtr na maximální průtok kapaliny v obvodu. To je možno eliminovat zapojením nízkotlakého filtru do samostatného filtračního okruhu (3). Tlakové filtry jsou dražší než nízkotlaké a užíváme je zejména k ochraně drahých prvků náročných na dodržení jemnosti filtrace (na vstupu servoventilu).

Na obr. filtr 1a odstraňuje hrubé nečistoty na 10  $\mu\text{m}$ , filtr 1b odstraňuje jemné nečistoty na (3 až 5)  $\mu\text{m}$ . Důležitou součástí filtrů jsou indikátory znečištění filtračních vložek. Dosažení kritického tlakového spádu je signalizováno vizuálně nebo elektricky. Filtr v sání může zhoršovat sací schopnost a způsobovat kavitaci, proto se do sání umísťuje filtr s povrchovým účinkem filtrace proti vniknutí hrubých nečistot.



Vzduchové filtry (4) se umísťují na víko nádrže. Úkolem těchto filtrů je zamezit vniknutí nečistot z okolí do nádrže. Jednou z možností je rovněž elektrostatické čištění olejů, kdy touto metodou mohou být čištěny všechny nevodivé kapaliny.

[4]

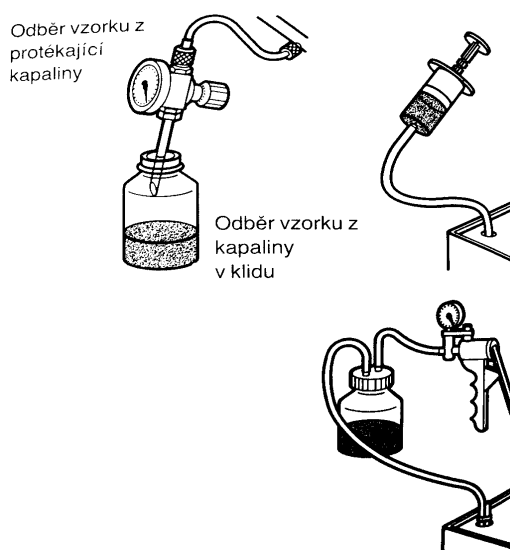
## 6. Postup pro odběr vzorků

Znečištění systému určíme analýzou kapaliny, kterou ze systému odebereme. Touto analýzou se dají určit následující faktory:

- účinek použitého filtru
- při uvádění systému do provozu tzv. dobu promývání
- srovnáváním výsledků zkoušek lze určit teoretickou mez životnosti
- pevné částice v systému, které nám kapalina obsahuje

### a) Druhy odběrů vzorků

- 1) statická zkouška – odebrání vzorku z kapaliny v klidu
- 2) dynamická zkouška – odebrání vzorku z protékající kapaliny
- 3) odbírání vzorků v místech s turbulentním prouděním



Obr. 6.1 - Odběry vzorků kapaliny pro zkoušku [6]

### b) Provedení odběru vzorku kapaliny

- zařízení pro odběr kapaliny by mělo být v čistém stavu
- rovněž čisté musí být nádoby na vzorek
- jestliže se v nádobě nachází zbytek jiného vzorku, musí být z nádoby řádně odstraněn
- zařízení pro odběr se musí propláchnout minimálně  $2 \text{ dm}^3$  oleje, jehož vzorek odebíráme

- nulová zkouška – vzorek neanalyzujeme, slouží nám pouze pro vizuální posouzení znečištění
- provedeme naplnění další nádoby, neodstraňujeme ochrannou fólii

#### c) Zhodnocení zkoušky

Pomocí elektronického počítače částic se nejčastěji hodnotí vzorek kapaliny. Tyto počítače částic jsou ale velmi drahé. Bývají jimi většinou vybaveny jen instituty, kam se vzorky posílají na analýzu. Pro rychlé posouzení slouží kontrolní monitory, kde lze získat snímky (záznamy). Takto se získává posouzení stavu čistoty hydraulického obvodu zařízení. Často je vhodnější, aby odběr prováděl odborník, který se na místo, kde se nachází naše hydraulické zařízení, dostaví s laboratorním vozem. V tomto laboratorním vozu je provedena analýza vzorku.

## 7. Stanovení třídy znečištění přístrojem Laser CM20.2021

### Technické parametry laserového přístroje

typ	Laser CM20.2021
počet kanálů sledovaných velikosti částic	6
rozsah velikostí částic $\mu m$	2, 5, 15, 25, 50, 100
zařazení do třídy čistoty podle	ISO, NAS
snímání	kontinuální
interval	2 min
záznam do vnitřní paměti	300 souborů
tisk z integrované tiskárny	ano
klávesnice	alfanumerická
snímač, tlak do	laserový, 420 bar
rozsah viskozity oleje	10 ... 100 cSt
s adaptérem	10 ... 500 cSt
teplota média	+5 ... 80 °C
teplota okolí	+5 ... 40 °C
napájení	vlastní baterie 12 V, síťový adapter
přenos dat přes konektor	RS 232
vyhodnocovací software	DAT $\mu m$
hmotnost	bez kufru 5 kg, s kufrům 8 kg

mechanické komponenty	mosaz, pozlacené oceli,  nerezové oceli, hliník
hadice	nylon, koncovky armované nerezovou ocelí
délka hadice	hadice čerpadlová: 1,2 metru  kabel od ručního ovládacího panelu: 1 metr
průtok	až 400 l/min ( systém s 20 senzory )
fluidní kompatibilita	minerální oleje a ropné báze kapaliny
energie	baterie 6 x 1,5 V. Transformátor napájecích  napětí 9 – 12 Vdc, proud 1,5 A.
pojistka	rychlá pojistka 1,25 A  ( pro ochranu proti přetížení )
technologie LCM20	unikátní optický skenovací systém

[7]

## 7.1 Specifikace Laser CM20.2021

Automatické čítače částic (APC) jsou již po mnoho let využívány ve sledování stavu hydraulických kapalin. Mají prokázanou výkonnost, ať už v laboratořích či na výrobní lince. Laserový přístroj je uznáván z důvodu kvality výroby, spolehlivosti, potenciálu pro snížení prostojů stroje a efektivní prediktivní údržby. Tyto čítače částic se staly natolik flexibilní, že zastupují ostatní laboratorní přístroje. Těmito čítači částic se získávají nejpřesnější výsledky vyhodnocování čistoty hydraulických kapalin. Částice nečistot v kapalinách se monitorují technikou průchodu laserových paprsků. Zdroj promítá laserové paprsky přes pohybující se sloupec oleje (ve kterém se měří kontaminující látky v kapalině) a dochází k zachycení obrazu nečistot pomocí buňky foto-diody. Elektrický výkon buňky foto-diody se bude lišit podle velikosti částic obsažených ve sloupci oleje.

Čím větší částice, tím bude docházet k větším změnám elektrického výkonu na buňce fotodiody.

Speciální diagnostika je začleněna do mikroprocesoru CM20, aby zajistila efektivní testování.

- 1) **Obvody** – obsahují vnitřní diagnostický program, který zajistí integritu výsledků
- 2) **Přiměřený tok** - průtočné zkušební zařízení zajišťuje dostatečné proudění kapaliny

#### Datový manažer

Speciálně konstruovaný softwarový balík DAT  $\mu m$  je dodáván, aby se výsledky testů stáhly do počítače.

#### Výhody laserového čítače CM20.2021

- Rutinní monitoring kontaminace oleje s laser CM20 šetří čas a náklady.
- Kontaminační monitoring je možný za chodu hydraulických zařízení, tím se šetří prostoje.
- K dispozici jsou mezinárodní normy s přesnými výsledky v tištěné podobě. To znamená, že rozhodnutí o údržbě systému může být okamžité.
- Na přenosném displeji lze ručně nastavit funkci, která nám umožní načítání dat z dřívějších měření.
- Laserový čítač CM20 je přenosné zařízení, které se používá jak v terénu, tak i v laboratořích.
- Interní diagnostické funkce zajišťují laserovému čítači CM20 vždy přesné a spolehlivé zpracování výsledků.

#### Přesnost měření

##### Kalibrace

Každý kanál je v rámci přístroje upraven tak, aby přečetl počet částic v předepsané velikosti, jak je uvedeno v postupových normách ISO, což zaručuje kalibrační přesnost.

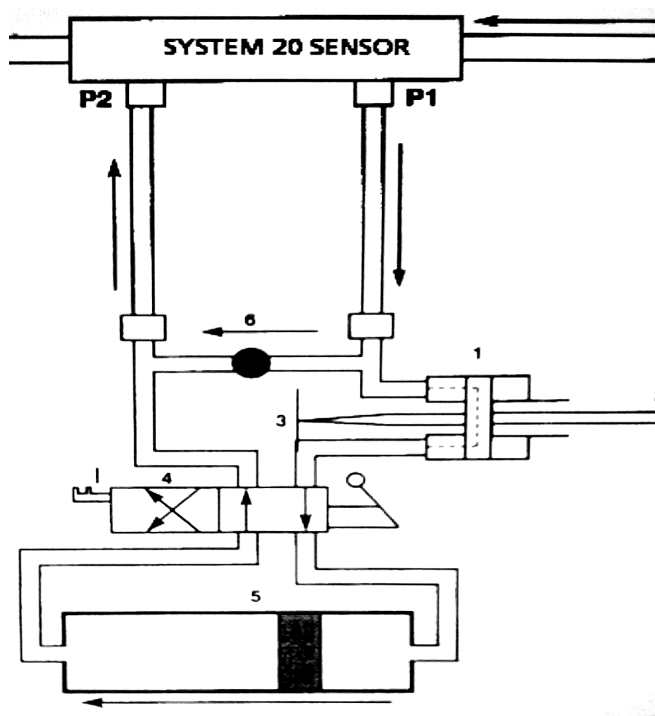
##### Opakovatelnost

Laserový čítač nečistot je opatřen moderní laserovou technologií a elektronikou, která zajišťuje vysoký stupeň opakovatelnosti.

Před vyhodnocením čistoty kapaliny je třeba se ujistit, zda jsou splněny tyto podmínky:

- spávná instalace senzoru
- adekvátní průtok oleje
- ustálené podmínky (stav tlaku)
- viskozita oleje je v pracovním rozsahu
- správné uložení hadice, aby se zabránilo rozlití kapaliny
- dodatečná dodávka papíru pro tištění výsledků
- kalibrace laserového přístroje CM20 dle Parker doporučení

#### Hydraulické schéma zapojení laserového čítače CM20



Obr. 7.1 – schéma zapojení obvodu [7]

#### Hlavní části:

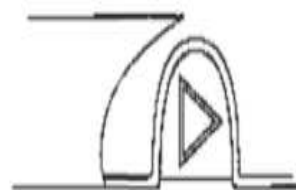
- 1) blok monitoru
- 2) laserové diody
- 3) optický scanner
- 4) přepínací ventil
- 5) injekční pumpa
- 6) průtočná sonda zařízení

## 7.2 Popis přístroje

Na obrázku 7.5 můžeme vidět celkový pohled na laserový měřicí přístroj. Hadice je v zadní části přístroje připevněna k tělu přístroje. Tímto se zabrání volnému pohybu konce hadice, a tak je znemožněno případnému vniknutí nečistot do přístroje. Ovládací panel je kvůli snazší manipulaci odnímatelný, spojený s přístrojem krouceným kabelem. Otočný spínač slouží ke spuštění měření. Musíme jím otočit o 90 stupňů. Vždy po rysku, která je vyznačena na přístroji na obr. 7.3 - doleva či doprava. Aktuální směr otáčení je zobrazen v horní části spínače. Je to ve výřezu skříně přístroje při pohledu shora, viz. obr. 7.4. Výsledky měření a nastavení přístroje můžeme kontrolovat na displeji, který je umístěn na ovládacím panelu. Integrovaná tiskárna nám umožní vytištění výsledků měření.



Obr. 7.3 - Otočný spínač [7]



Obr. 7.4 - Směr otáčení [7]



Obr. 7.5 - Přenosný snímač částic s popisem [7]



Mezi základní části přenosného snímače částic patří:

- tlačítko pro zapnutí a vypnutí přístroje
- tiskárna
- display
- odnímatelný ovládací panel
- blok baterií
- hydraulická hadice
- otočný spínač měření
- ovládací klávesnice

Na obr. 7.6 vidíme ruční odnímatelný ovládací panel s popisem jednotlivých částí. Pro měření jsou nejdůležitější tlačítka, pomocí kterých lze volit normu. Podle této normy mají být zobrazeny výsledky a tisk výsledků. Alfanaumerická tlačítka slouží k pojmenování měření, nastavení data a času po výměně baterií.



Obr. 7.6 - Ovládací panel [7]

Mezi základní ukazatele na ovládacím panelu patří:

1) Na displeji

- a) počet nečistot
- b) velikost nečistot
- c) zvolená norma
- d) indikátor stavu baterie
- e) spínač měření
- f) zvuková signalizace

## 2) Tlačítka na samotném ovládacím panelu

- a) změna režimu
- b) tisk výsledků
- c) alfanumerická klávesnice
- d) tlačítka výběru
- e) tlačítko volby normy
- f) posuv papíru

### **7.3 Postup při odebírání vzorků**

#### a) Pro systémy opatřené odběrovým ventilem

Náš systém necháme přibližně pracovat 30 minut. Po uplynutí doby otevřeme odběrový ventil a necháme odtéci 200 – 500 ml kapaliny. Dále odebíráme tři po sobě jdoucí vzorky do čisté nádoby. Tuto nádobu pak uzavřeme a opatříme ji štítkem. Nádobky přeneseme k přístroji, kde budeme provádět měření. Při on-line odběru připojíme náš snímač nečistot a provádíme tři po sobě jdoucí měření.

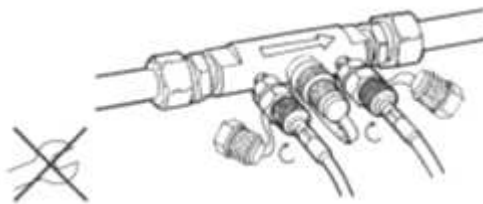
#### b) Bez použití odběrového ventilu

Na dobu přibližně 30 minut spustíme pohon zařízení, jehož kapalinu budeme testovat. Pomocí injekční stříkačky nebo malé ruční pumpy odebereme vzorek cca 0,2 dm<sup>3</sup> kapaliny zhruba z poloviny výšky nádrže. Ale ne od stěny nádrže. Kapalinu, kterou jsme odebrali, pak přelijeme do čisté nádoby se širokým hrdlem a uzávěrem. Dále nádobu uzavřeme a opatříme štítkem.

### **7.4 Postup měření**

Pokud je měřen odebraný vzorek oleje, nalijeme jej do kádinky a připravíme dávkovací čerpadlo. Hadici měřícího přístroje CM20 připojíme k čerpadlu – červenou koncovku hadice na červené šroubení čerpadla, žlutou na žlutou.

Dotahujeme pouze rukou! Pokud je měřeno znečištění přímo v hydraulickém systému, připojíme hadice na odběrová místa škrtkového ventilu, obr. 7.7 (červená na červenou, žlutá na žlutou).



Obr. 7.7 - Odběrová místa [7]

Zapneme čerpadlo a přístroj CM20. Asi minutu necháme kapalinu protékat a následně provedeme kontrolu velikosti průtoku. Na ovládacím panelu stlačíme po dobu 5 sec modrou šipku doleva. Po 30 sec přístroj vyhodnotí, zda je průtok dostatečný. Pokud není, je třeba zvýšit průtok nastavením škrtícího ventilu. Pokud je měřen odebraný vzorek, je třeba jej zahřát (pozn. s vyšší teplotou se zmenší viskozita, tím klesne odpor proti proudění, čímž se zvýší průtok).

Pokud je průtok dostatečný, je možno přikročit k měření. To se spustí otočením modrého spínače na skříni CM20. Asi po 2 min. přístroj zobrazí množství nečistot dle zvolené normy. Tu lze měnit tlačítkem „volby normy“, viz. obr.7.6. Naměřené výsledky je možno vytisknout pomocí tlačítka „tisk výsledků“, viz obr.7.6 [7]

### Vytištěné výsledky dle norem ISO 4406 a NAS 1638

PARKER LASER CM ON-LINE TEST	
TEST NUMBER 015	
UNIT 19	
	D M Y
Date:	19-05-06
Time:	11:03
ISO	22/20/14
Count/100ml	
>2 $\mu$	3642544
>5 $\mu$	923519
>15 $\mu$	10010
>25 $\mu$	451
>50 $\mu$	11
>100 $\mu$	0
Notes	

Obr. 6.8- Režim ISO 4406 [7]

PARKER LASER CM ON-LINE TEST	
TEST NUMBER 017	
UNIT 19	
	D M Y
Date:	20-05-06
Time:	10:25
NAS CLASS	11
Count/100ml	
2/5 $\mu$	2774621
5 $\mu$ /15 $\mu$	364534
NAS CLASS	11
15 $\mu$ /25 $\mu$	6615
NAS CLASS	8
25 $\mu$ /50 $\mu$	1463
NAS CLASS	8
50/100 $\mu$	1466
NAS CLASS	11
>100 $\mu$	97
NAS CLASS	9
Notes	

Obr. 6.9 - Režim NAS 1638 [7]

## 8. Určení třídy znečištění oleje přístrojem Laser CM20.2021

Třída znečištění dle našich stanovených norem byla určena na typu oleje HLP VG46.

### Popis oleje HLP VG46

Hydraulický olej určený pro použití jako tlaková kapalina v hydraulických zařízeních. Obsahuje účinné látky pro zvýšení odolnosti proti stárnutí a extrémním tlakům a na ochranu proti korozi. Díky obsaženým přísadám jsou všechny kladené požadavky splněny a kapalina je doporučena pro použití především v hydraulických zařízeních. Kapalina je vhodná pro vysoké tepelné nároky. Pro čerpadla a hydromotory, jejichž podmínky provozu vyžadují oleje s ochranou proti opotřebení při smíšeném tření.

### Použití

Pro stroje a zařízení, ve kterých je předepsán hydraulický olej odpovídající viskozity a úrovni. Je nutno respektovat provozní předpisy výrobců těchto strojů a zařízení.

### Specifikace / schválení

DIN 51524 T.2 - HLP 46; DIN 51519 - ISO VG 46

### Výsledky vyhodnocení čistoty oleje dle norem ISO 4406 a NAS 1638

1) pro méně znečištěný olej

Pro 100 ml kapaliny	>2- 5µm	>5- 15µm	>15- 25µm	>25- 50µm	>50- 100µm	>100 µm
	159878	50207	5535	1607	228	14
<b>ISO 4406</b>	<b>18/16/13</b>					

Tab. 8.1- Hodnoty vyhodnocení pro normu ISO 4406

Pro 100 ml kapaliny	>2- 5µm	>5- 15µm	>15- 25µm	>25- 50µm	>50- 100µm	>100 µm
	109671	44672	3928	1379	214	14
<b>třída NAS 1638</b>	<b>8</b>	8	7	8	8	6

Tab. 8.2 - Hodnoty vyhodnocení pro normu NAS 1638

Z hodnot, které nám vyhodnotil přístroj Laser CM20.2021 bylo zjištěno, že pro normu ISO 4406 se jedná o třídu znečištění oleje **18/16/13** a pro normu NAS 1638 je to třída **8**.

2) pro více znečištěný olej

Pro 100 ml kapaliny	>2- 5µm	>5- 15µm	>15- 25µm	>25- 50µm	>50- 100µm	>100 µm
	958607	285992	21228	2564	635	39
<b>ISO 4406</b>	<b>20/19/15</b>					

Tab. 8.3- Hodnoty vyhodnocení pro normu ISO 4406

Pro 100 ml kapaliny	>2- 5µm	>5- 15µm	>15- 25µm	>25- 50µm	>50- 100µm	>100 µm
	672615	264764	18664	1929	596	39
<b>třída NAS 1638</b>	<b>11</b>	11	9	8	9	8

Tab. 8.4 - Hodnoty vyhodnocení pro normu NAS 1638

Pro více znečištěný olej byla laserovým přístrojem CM20.2021 stanovena třída znečištění **20/19/15** pro normu ISO 4406 a pro normu NAS 1638 nám přístroj vyhodnotil třídu **11**.

## 9. Určení třídy znečištění oleje gravimetrickou metodou

Jedná se o velmi rychlou metodu, jak můžeme stanovit třídu znečištění hydraulických olejů dle třídy ISO 4406 a NAS 1638. Narozdíl od vyhodnocování pomocí laserového čítače částic je tato metoda relativně levná, avšak méně přesná.

### Sada pro měření



Obr. 9.1 - Sada pro analýzu a odběr vzorků oleje [17]

- polstrovaný kufr na přenášení
- silikonová hadice
- membránové filtrační disky
- elektrická vakuová pumpa
- pinzeta
- vakuové filtrační zařízení
- odměrný válec 100 ml
- odběr vzorků jar, 500 ml
- proplachovací láhev s membránovým filtrem
- kontaminační příručka ( není ilustrována)

### Seznam náhradních dílů sady

- vakuové filtrační zařízení, 500 ml
- skládá se z horní části o objemu 500 ml, nálevky upevnění, centrovacího kroužku s cedníkem, svorky
- gumová zátka
- odsávačka, 1000 ml se spojkou
- elektrická vakuová pumpa (V 700-6.0 230 V / 50 Hz)

- láhev 500 ml s odnímatelnou flexibilní tryskou
- membránový filtr pro mytí lahví
- membránový filtrační disk,  $D = 47 \text{ mm}$ , hodnocení:  $0.8 \text{ }\mu\text{m}$ , 100 kusů pro minerální olej
- pinzeta, 105 mm
- odměrný válec 100 ml se zátkou
- kontaminační příručka

[17]

#### Popis sady pro měření

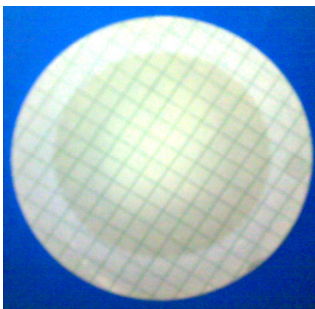
V této sadě je obsažena elektrická vakuová pumpa a filtrační jednotka do laboratoře, která se skládá ze standartní sady pro rozbor a odběr vzorků znečištěného oleje. Dále máme k dispozici tzv. kontaminační příručku. V této příručce máme referenční fotografie (etalony), které nám umožní rychlé vyhodnocování znečištění pracovní kapaliny (třídy čistoty). K určení typu a původu těchto částic v hydraulickém systému je použit malý ruční mikroskop.

#### Norma ISO 4405

- Tato mezinárodní norma popisuje gravimetrickou metodu pro stanovení částic znečištění hydraulických olejů.

Norma ISO 4405 popisuje postup při čištění zařízení. Je v ní také popsán postup pro analýzu membrány.

Membrána se propláchne v isopropanolu. Před použitím se suší v sušárně tak dlouho, až dosáhne konstantní hmotnosti. Následně ji ochladíme v definovaném suchém prostředí. Je velmi důležité, aby chlazení probíhalo ve vymezeném suchém prostředí, jinak membrána absorbuje vlhkost z okolí, a tím dojde ke zkreslení konečného výsledku. Jakmile máme membránu takto připravenou, můžeme přejít k samotné analýze oleje.



Obr. 9.2 - Filtrační disk s membránou

### Příklad analýzy vzorku a určení třídy čistoty oleje

#### Základní princip metody

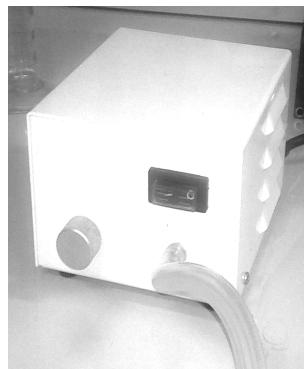
Za účelem určení gravimetrické kontaminace hydraulického oleje musíme odebrat ze systému vzorek oleje. Tento vzorek oleje odpustíme do odměrného válce o objemu 100 ml. Dále přilijeme perchlor a vzorek oleje s ním naředíme. Postupně složíme filtrační zařízení pro analýzu oleje. Do vrchního válce o objemu 500 ml pomalu naléváme vzorek oleje zředěný s perchlorem. Ten se nám přepouští přes filtrační disk s membránou (filtrační papír). Jakmile se nám olej přepustí přes filtrační disk s membránou, tak nám odkapává dále do spodní nádoby. Je důležité, aby v našem filtračním zařízení bylo vytvořeno vakuum.

Toho docílíme, že připojíme pomocí silikonové hadice do spodní nádoby elektrickou vakuovou pumpu. Až nám veškerý objem vzorku oleje proteče přes filtrační disk, tak tento disk vyjmeme ze zařízení a položíme na pevný podklad. Na tomto podkladu jej necháme vysušit a po chvíli přes něj přeložíme malý ruční mikroskop. Pomocí tohoto mikroskopu sledujeme tvar a velikost částic nečistot, které se nám usadily v membráně našeho filtračního disku. Tyto nečistoty (pevné částice) dále porovnáváme s etalony, které se nachází v naší kontaminační příručce. Podle tohoto porovnávání stanovíme příslušnou třídu čistoty oleje dle ISO 4406 a NAS 1638.





Obr. 9.3- Filtrační zařízení

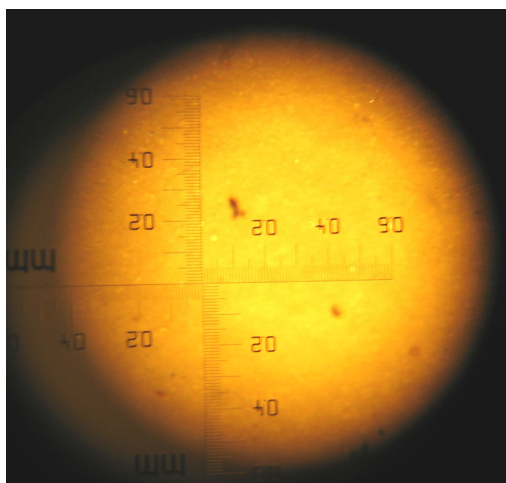


Obr. 9.4- Elektrická vakuová pumpa

Na obrázku 9.5 můžeme vidět tvar, velikost a rozsah pevných částic (nečistot) v hydraulickém oleji, u kterého jsme prováděli analýzu. Jedná se o detailní pohled malým ručním mikroskopem na filtrační disk s membránou, ve kterém se zachytily nečistoty.

**Druh použitého oleje:** HLP VG 68

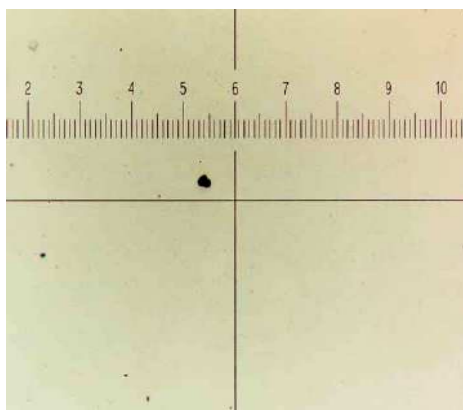
Pro měření a stanovení třídy znečištění dle normy NAS 1838 a ISO 4406 byl použit relativně čistý olej, který byl odpuštěn z hydraulického obvodu.



Obr. 9.5 - Pohled mikroskopem na filtrační disk

Výsledek naší analýzy oleje jsme porovnali s kontaminačními fotografiemi (etalony) z naší příručky a zjistili jsme, že se jedná o třídy čistoty dle:

NAS 1638 .....	třída	4
ISO 4406 .....	třída	15/13/10



Obr. 9.6 - Kontaminační fotografie, zvětšení: 100 x [15]

## 10. Určení třídy znečištění oleje přístrojem PIC 9100

Jedná se o robustní přenosnou jednotku, která umožní rychlou a jednoduchou analýzu oleje.



Obr. 10.1 – Laserový čítač nečistot Mahle PIC 9100 [16]

### Funkce přístroje

- laserový snímač s 12 kanály pro přenosné a reprodukovatelné výsledky
- před každým měřením automatické splachování obrysu hlavy
- nastavitelný režim jednoduchého a cyklického měření
- dlouhodobá měření až do 330 hodin
- paměťové banky pro 1400 naměřených hodnot
- kalibrace dle ISO 11171:1999
- analýza dle ISO 4406:1999
- analýza dle NAS 1638, třída 0 až 24
- údaje o absolutním počtu částic ve všech kanálech
- sériové rozhraní pro další zpracování dat přes PC
- definovatelné měření řady

### Technická specifikace

Tlakové připojení	měřicí připojení M16, maximální tlak 315 bar
Sací připojení	šroubem 6L, maximální tlak 10 bar
Kolísání tlaku	přípustné
Viskozní rozmezí	max. 500 mm <sup>2</sup> , na straně sání max. 100 mm <sup>2</sup> / s
Teplotní rozsah	tekutina: 0 až 80 ° C

Senzor průtoku	40 ml/min
Objem před počítáním	10 až 50 ml, nastavitelné v (10 ml krocích)
Měřicí rozsah NAS třídy	0 až 12
Měřicí rozsah ISO třídy	1 až 24
Napájecí zdroj	115/ 230 VAC; 50/ 60 Hz; verze s akumulátorem 12 VDC
Rozměry	400 x 240 x 380 mm
Váha	přibližně 12 kg

#### Software, Displej

- indikace se provádí LCD s 8 řádky
- má schopnost až 99 sérií měření s maximálně 2700 naměřenými hodnotami
- analýza dle ISO 4406:1999, NAS 1638, SAE AS 4059
- sériové rozhraní je k dispozici jen pro výstup dat

[16]

#### Určení třídy znečištění laserovým přístrojem PIC 9100

	>2-5µm	>5-15µm	>15-25µm	>25-50µm	>50-100µm	>100µm
	44853	5562	83	33	4	3
	44765	5399	60	12	1	0
	41077	4490	28	6	0	0
	36843	4221	29	11	0	0
	39262	4461	28	5	0	0
	35946	4308	24	6	0	0
	35197	4259	22	7	0	0
	35152	4031	17	4	0	0
	34913	4097	17	7	0	0
	33644	3929	15	4	2	0
	33182	3854	19	3	1	0
	32988	3913	18	7	0	0
	31643	3699	13	1	0	0
	29951	3372	11	4	1	0
	30803	3320	16	5	0	0
pro 10 ml	36015	4 194	267	8	1	0
pro 100 ml	360146	41943	266	76	6	2
NAS 1638	9	8	3	4	2	3

Tab. 10.1- Naměřené a vypočtené hodnoty dle NAS 1638

neč. dle NAS 1638 v 10 ml kapaliny			nečistoty v 1ml kapaliny			třída dle ISO 4406
>2-5µm	>5-15µm	>15-25µm	>2-5µm	>5-15µm	>15-25µm	
44853	5562	83	4485	556	8	<b>19/16/10</b>
44765	5399	60	4477	540	6	19/16/10
41077	4490	28	4108	449	3	19/16/9
36843	4221	29	3684	422	3	19/16/9
39262	4461	28	3926	446	3	19/16/9
35946	4308	24	3595	431	2	19/16/8
35197	4259	22	3520	426	2	19/16/8
35152	4031	17	3515	403	2	19/16/8
34913	4097	17	3491	410	2	19/16/8
33644	3929	15	3364	393	2	19/16/8
33182	3854	19	3318	385	2	19/16/8
32988	3913	18	3299	391	2	19/16/8
31643	3699	13	3164	370	1	19/16/7
29951	3372	11	2995	337	1	19/16/7
30803	3320	16	3080	332	2	19/16/8

Tab. 10.2 - Naměřené a vypočtené hodnoty dle ISO 4406

Druh použitého oleje: HLP VG 68

V tomto případě při vyhodnocování třídy znečištění oleje byl z hydraulického obvodu odčerpán pomocí systému minimess olej horší kvality.

Z vypočtených hodnot dle normy NAS 1638 vyplývá, že nejvyšší třída znečištění dle této normy je **9**. Podle normy ISO 4406 bylo zjištěno, že se jedná o třídu znečištění **19/16/10**.

## 11. Závěr

Tato bakalářská práce je zaměřena na hodnocení znečištění pracovní kapaliny v olejové hydraulice. V této práci bylo provedeno seznámení s problematikou filtrace olejů a také postup pro stanovení třídy znečištění oleje.

V úvodu bakalářské práce byly detailně popsány zdroje a negativní účinky nečistot, které způsobují nevratné škody v hydraulických obvodech či mechanismech. Tyto negativní vlivy mají za následek prostoje a tím způsobují veliké ztráty. Dále byla popsána problematika filtrů v hydraulických obvodech. Filtry zajišťují optimální čistotu pracovní kapaliny. Mělo by se dbát hlavně na správnou volbu filtrů v obvodech. Z hlediska volby filtrů je důležité vědět, jakou funkci by měl daný filtr zastávat. Přiblížen byl i způsob vyhodnocování čistoty kapalin dle norem ISO 4406 a NAS 1638.

V další části bakalářské práce byla popsána metodika stanovení třídy znečištění oleje čítačem nečistot Laser CM20.2021. Byly přiblíženy technické parametry přístroje, popis přístroje, postup při odebírání vzorků a vlastní měření na tomto laserovém přístroji. Na základě zadání práce byla určena třída znečištění oleje podle normy ISO 4406 a NAS 1638 čítačem nečistot Laser CM20.2021. Pro toto vyhodnocení třídy znečištění byl použit olej HLP VG46. Měření bylo provedeno pro méně a hůře znečištěný olej. U méně znečištěného oleje byla laserovým přístrojem vyhodnocena dle normy NAS 1638 třída znečištění 8 a pro normu ISO 4406 se jednalo o třídu 18/16/13. Pro olej více znečištěný se jednalo o třídu 11 dle normy NAS 1638 a u normy ISO 4406 byla přístrojem vyčíslena třída znečištění 20/19/15.

Popsány byly také jiné metody, pomocí kterých lze určit třídu znečištění oleje. Jedná se o gravimetrickou metodu a měření nečistot pomocí laserového přístroje PIC 9100. U gravimetrické metody dochází k zachycování nečistot na filtračním papíře. Tyto zachycené nečistoty se pak zkoumají pod mikroskopem a na základě těchto výsledků se pak porovnávají s příručkou s etalony, kde se nachází stanovené třídy znečištění. Metoda pomocí laserového přístroje PIC 9100 je obdobná jako u přístroje Laser CM20.2021. Je tam však rozdíl v tom, že tento přístroj přímo nevyhodnotí celkovou třídu znečištění dle norem NAS a ISO. Z tohoto důvodu si musíme jednotlivé částice nečistot, které nám vyšly, přiřadit postupně k normalizované tabulce pro normu NAS a ISO. Tím se docílí konečných výsledků a určuje se třída dle těchto dvou norem. U metody gravimetrické, i pro měření nečistot laserovým přístrojem PIC 9100 se stanovila třída znečištění na různě znečištěném

oleji. Gravimetrická metoda není příliš přesnou metodou pro vyhodnocování znečištění olejů, proto vyžaduje kvalifikovaného pracovníka se zkušenostmi. Naopak měřením laserovým přístrojem PIC 9100 se docílí velmi přesných výsledků vyhodnocování částic nečistot.

## 12. Seznam použité literatury

- [1] GROLLIUS, H. W. *Grundlagen der Hydraulik*. 4. vyd. Leipzig: Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, 2008. 224 s. ISBN 978-3-446-41596-6.
- [2] TRIBOLOGIA: *Archiv časopis Tribotechnika: Tribotechnika 2/2009* [online]. [cit. 2009-11-23]. <<http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika - 22009/sledovani - znecisteni-prumyslovych-oleju.html>>
- [3] ARGO- HYTOS s.r.o.: *Čistota hydraulických kapalin* [online]. [cit. 2010-04-13]. <[http://www.argohytos.com/cz/cistota 2008\\_10\\_email.pdf](http://www.argohytos.com/cz/cistota 2008_10_email.pdf)>
- [4] PAVLOK, B. *Hydraulické prvky a systémy díl 2. Řídicí prvky hydrostatických systémů. Příslušenství hydraulických obvodů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 150 s. ISBN 978-80-248-1827-6.
- [5] WILL, D.; GEBHARDT, N. *Hydraulik Grundlagen, Komponenten, Schaltungen*. 4. vyd. Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 2008. 450 s. ISBN 978-3-540-79534-6.
- [6] MANNESMANN REXROTH. *Projektování a konstrukce hydraulických zařízení. Příručka hydrauliky Svazek 3*. 1988. 362 s. ISBN 3-8023-02664.
- [7] PARKER HANNIFIN. *Manuál k obsluze čítače nečistot Laser CM20*. 2021.
- [8] PAVLOK, B.; SIVÁK, V. *Provoz a údržba hydraulických mechanismů*. 1.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1989. 93 s.
- [9] MATTHIES, H. J., RENIUS, K. T. *Einführung in die Ölhydraulik*. 6. vyd. Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag, 2008. 299 s. ISBN 978-3-8351-0238-5.
- [10] KOPÁČEK, J. *Technická diagnostika hydraulických mechanismů*. Praha: SNTL, 1990. 160 s. ISBN 80-03-00308-3.
- [11] SCHMITT, A. a kolektiv. *Příručka hydrauliky*. Svazek 1. Lohr am Main: Mannesmann Rexroth, 1981. 226 s. ISBN 3-8023-0619-8.
- [12] EBERTSHÄUSER, H. *Fluidtechnik von A bis Z. Der Hydraulik Trainer Band 5*. Mainz: Vereinigte Fachverlage, 1989. 392 s. ISBN 3-7830-0243-5.
- [13] FINDEISEN, D. ; FINDEISEN, F. *Ölhydraulik*. Berlin – Heidelberg - New York : Springer Verlag, 1994. 765 s. ISBN 3-540-54465-8.
- [14] NOACK, S. *Hydraulics in Mobile Equipment*. Ditzingen: Rexroth Bosch Group + OMEGON, 2001. 202 s. ISBN 0-7680-0886-7.



- [15] HYDAC – spol. s r.o.: *Brochures: Contamination handbook* [online]. [cit. 2009-12-14]. < <http://www.hydac.com/de-en/support/download-software-on-demand/brochures/pdf-download/servicetechnik.html> >
- [16] MAHLE INDUSTRIAL FILTRATION: *Mahle performance* [online]. [cit.2010-04-15].<[http://www.performance.mahle.com/C1256F7900537A47/vwContentByKey/W26UFBRU705STULEN/\\$FILE/PiC9100%20\\_EN.pdf](http://www.performance.mahle.com/C1256F7900537A47/vwContentByKey/W26UFBRU705STULEN/$FILE/PiC9100%20_EN.pdf) >
- [17] HYDAC – spol. s r.o.: *Brochures: Particle Measurement Technology in Practice* [online]. [cit. 2009-12-14]. < <http://www.hydac.com/de-en/support/download-software-on-demand/brochures/pdf-download/servicetechnik.html> >